



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 10004044

(43)Date of publication of application: 06.01.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 9/00

(21)Application number: 08152723

(71)Applicant:

HITACHI LTD

(22)Date of filing: 13.06.1996

(72)Inventor:

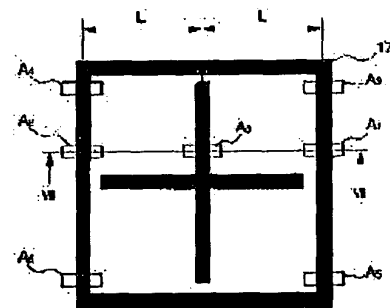
KOMORIYA SUSUMU  
NAGATSUKA TOSHIHARU  
MIYAMOTO YOSHIYUKI  
IWATA HISAFUMI  
SUGA OSAMU  
KUNIYOSHI SHINJI  
IRIKITA NOBUYUKI  
KATO TAKESHI

(54) METHOD FOR DETECTING PATTERN, METHOD FOR DETECTING ALIGNMENT MARK AND OPTICAL APPARATUS USING THE METHODS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect an alignment mark at high speed and with high reliability.

SOLUTION: Seven areas A0-A6 are defined so that an alignment mark 17 can be specified. A detecting image including on alignment mark 17 is obtained. The detecting image is scanned with keeping the position relation of the areas A0-A6 and the correlation coefficient of the image signal is obtained at each scanning point. The scanning point on which the total of the correlation coefficients is maximum becomes the position of the alignment mark 17.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

Copyright (C); 1998 Japanese Patent Office

---

[MENU](#)

[SEARCH](#)

[INDEX](#)

[DETAIL](#)

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12)公開特許公報 ( A )

(11)特許出願公開番号

特開平 1 0 - 4 0 4 4

(43)公開日 平成 1 0 年 ( 1 9 9 8 ) 1 月 6 日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027			H01L 21/30	525 W
G03F 9/00			G03F 9/00	H

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 1 1 頁)

(21)出願番号 特願平 8 - 1 5 2 7 2 3  
(22)出願日 平成 8 年 ( 1 9 9 6 ) 6 月 1 3 日

(71)出願人 0 0 0 0 0 5 1 0 8  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地  
(72)発明者 小森谷 進  
東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号  
株式会社日立製作所半導体事業部内  
(72)発明者 永塚 俊治  
東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号  
株式会社日立製作所半導体事業部内  
(72)発明者 宮本 佳幸  
東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号  
株式会社日立製作所半導体事業部内  
(74)代理人 弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

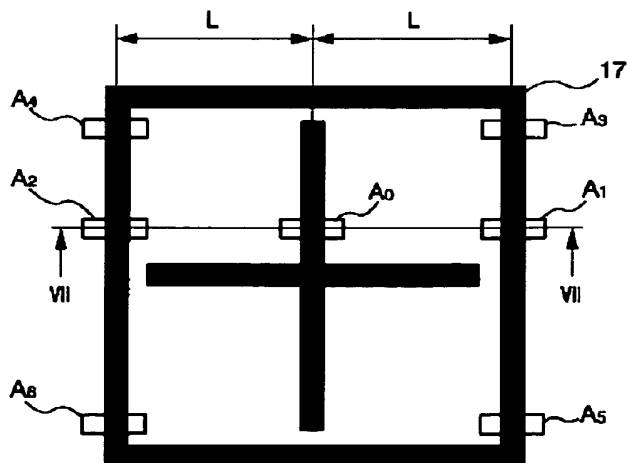
(54)【発明の名称】 パターン検出方法ならびにアライメントマーク検出方法およびそれを用いた光学装置

(57)【要約】

【課題】 アライメントマークを高速且つ高信頼度で検出する。

【解決手段】 アライメントマーク 1 7 を特定し得ると  
例えば 7 箇所の領域 A<sub>0</sub> ~ A<sub>6</sub> を規定し、アライメント  
マーク 1 7 を含む検出画像を得て、領域 A<sub>0</sub> ~ A<sub>6</sub> の位  
置関係を保持しつつ検出画像を走査して領域 A<sub>0</sub> に対す  
る他の各領域 A<sub>1</sub> ~ A<sub>6</sub> の画像信号の相関係数を走査ポ  
イント毎に求め、相関係数の総和が最大となる走査ポ  
イントをアライメントマーク 1 7 の位置とする。

図 4



17: アライメントマーク  
A<sub>0</sub> ~ A<sub>6</sub>: 領域

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定のパターンを特定し得る複数の領域を規定し、

前記パターンを含む検出画像を得て、

複数の前記領域の位置関係を保持しつつ前記検出画像を走査して何れか 1 の前記領域に対する他の前記各領域の画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、前記相関係数の総和が最大となる走査ポイントを前記パターンの位置とすることを特徴とするパターン検出方法。

【請求項 2】 周期性を有するパターンの周期を求め、前記パターンを含む検出画像を得て、

前記検出画像を走査して前記パターンの周期間隔における画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、前記相関係数が最大となる走査ポイントを前記パターンの位置とすることを特徴とするパターン検出方法。

【請求項 3】 フォトマスクの回路パターンをプレート状ワークに転写するに先立ってアライメントマークに基づいて両者の位置合わせを行う際におけるアライメントマーク検出方法であって、

前記アライメントマークを特定し得る複数の領域を規定し、

前記アライメントマークを含む検出画像を得て、複数の前記領域の位置関係を保持しつつ前記検出画像を走査して何れか 1 の前記領域に対する他の前記各領域の画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、前記相関係数の総和が最大となる走査ポイントを前記アライメントマークの位置とすることを特徴とするアライメントマーク検出方法。

【請求項 4】 フォトマスクの回路パターンをプレート状ワークに転写するに先立ってアライメントマークに基づいて両者の位置合わせを行う際におけるアライメントマーク検出方法であって、

周期性を有するアライメントマークの周期を求め、前記アライメントマークを含む検出画像を得て、前記検出画像を走査して前記アライメントマークの周期間隔における画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、前記相関係数が最大となる走査ポイントを前記アライメントマークの位置とすることを特徴とするアライメントマーク検出方法。

【請求項 5】 請求項 3 または 4 記載のアライメントマーク検出方法において、前記アライメントマークは、このアライメントマークとともに形成された回路パターンに含まれない形状とされていることを特徴とするアライメントマーク検出方法。

【請求項 6】 請求項 3、4 または 5 記載のアライメントマーク検出方法において、前記相関係数は正規化されていない値であることを特徴とするアライメントマーク検出方法。

【請求項 7】 請求項 3、4、5 または 6 記載のアライ

メントマーク検出方法において、前記プレート状ワークは集積回路を形成する半導体ウェハまたは液晶ディスプレイのガラスプレートであることを特徴とするアライメントマーク検出方法。

【請求項 8】 請求項 3、4、5、6 または 7 記載のアライメントマーク検出方法を用いて前記アライメントマークの粗検出を行い、次に、対称性パターンマッチング法を用いて前記アライメントマークの精検出を行うことを特徴とするアライメントマーク検出方法。

【請求項 9】 請求項 3、4、5、6、7 または 8 記載のアライメントマーク検出方法が用いられていることを特徴とする光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はパターン検出方法ならびにアライメントマーク検出方法およびそれを用いた光学装置に関し、特に、フォトマスクの回路パターンを半導体ウェハに転写するに先立ってそれぞれに形成されたアライメントマークに基づいて両者の位置合わせを行う際におけるアライメントマークの検出に適用して有効な技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体装置の高集積化、微細化の傾向が著しい今日、ステッパなどの露光装置を用いて複数種のレチクル（フォトマスク）に形成された回路パターンを半導体ウェハに転写するフォトリソグラフィ工程においてもアライメントずれ量の許容範囲が一層厳しくなっている。そして、転写された回路パターン相互間のずれを防止してアライメント精度を向上させることが露光における重要なテーマの一つとなっている。

【0003】このような半導体ウェハとレチクルとのアライメント技術としては、たとえば、株式会社工業調査会発行、「最新 L S I プロセス技術」（1983 年 7 月 25 日発行）、P251～P254、P575 に記載されているように、レチクルにアライメントマークを形成しておき、半導体ウェハ上に形成された前工程の 1 層の回路パターンに対応するアライメントマークを光学的手法により位置計測し、これに対して次工程の回路パターンが形成されたレチクルの最適位置を決めるものが知られている。

【0004】ここで、回路パターンを半導体ウェハ上に形成する投影露光装置は、前記した刊行物の P262～P264 に記載されているように、レチクルのパターンを投影する投影レンズ、被処理物である半導体ウェハが搭載される X Y ステージ、アライメントマークを検出してレチクルと半導体ウェハとのアライメントを行う検出光学系等から構成されている。

【0005】そして、位置合わせのために、半導体ウェハは先ず方位検出部でそのオリフラを基準にして方位合わせが行われる。次に検出対象物であるアライメントマークが検出され、該マークを介してレチクルと半導体ウ

エハとのアライメントが行われる。そして、位置合わせ後、露光が実行される。

【 0 0 0 6 】 ここで、アライメントマークを粗検出用と精検出用とに分けて形成し、粗検出で大まかな位置合わせを行い、精検出で最終的に位置を確定するようにすれば、粗検出でアライメントマークを高速走査することができ好ましい。そして、アライメントマークは半導体の回路パターンと接近して配置されるため、マーク検出においてはアライメントマークと半導体の回路パターンとを識別することが必要である。

【 0 0 0 7 】 この検出技術としては、たとえば東京大学出版会発行「画像解析ハンドブック」（1991年初版発行）に記載のように、正規化テンプレートマッチング法が知られている。この方法は、アライメントマークを含む検出画像を走査し、テンプレート画像にマッチングした位置としてアライメントマークを求めるものである。

$$\text{マッチング度 (M)} = \frac{1}{n} \sum \left( \frac{F - \bar{F}}{\sigma F} \right) \left( \frac{G - \bar{G}}{\sigma G} \right) \text{----- (1)}$$

但し、 $\bar{F}$ =Fの平均値  
 $\sigma F$ =Fの標準偏差  
 $\bar{G}$ =Gの平均値  
 $\sigma G$ =Gの標準偏差  
 $n$ =画素数

【 0 0 1 1 】 で表すことができる。実際の検出には、上記演算式（1）を変形して、

$$\text{マッチング度 (M)} = \frac{\sum FG - (\sum F \cdot \sum G) / n}{\left[ \frac{\sum F^2 - (\sum F)^2}{n} \cdot \frac{\sum G^2 - (\sum G)^2}{n} \right]^{1/2}} \text{----- (2)}$$

【 0 0 1 3 】 が用いられる。

【 0 0 1 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】 半導体ウェハを高信頼度に位置合わせするためには、この半導体ウェハに形成されたアライメントマークをコントラストよく検出して安定した信号を得ることが必要となる。

【 0 0 1 5 】 ここで、アライメントマークは多層膜の無地の領域に転写され、エッチングにより段差がつけられている。そして、この上に多層膜がデポされ、さらにレジストが塗布されている。

【 0 0 1 6 】 アライメントマークがこのように形成されていると、レジストやデポ膜での光の多重反射が生じる。すると、検出しようとしているアライメントマークの明暗がテンプレート画像のそれと異なってしまったり、ときには、反転してしまうことがある。このような状態になると、検出した画像信号が変化してしまい、アライメントマークとテンプレート画像とが一致してもFとGとのマッチング度が最大とならなくなる。すなわち、予め登録あるいは記憶しておいたテンプレート画像と検出した画像信号の相関係数を求めてマッチングを図る正規化テンプレートマッチング法では、光の干渉によ

これを具体的に説明すれば、次のようなものである。

【 0 0 0 8 】 すなわち、テンプレート画像をF、検出画像におけるテンプレート画像に対応した広さの走査エリアをGとする。そして、画像の明暗をたとえば0～255の256階調でとらえ、たとえば512×512の画素で構成されるFおよびGの各画素に相当階調の数字をふる。これによりFとGとが数値で規定される。検出画像のどこかにテンプレート画像と同じアライメントマークが存在するのであるから、アライメントマークとテンプレート画像とが一致したときのFとGとのマッチング度つまり相関係数は最大となる。したがって、その最大となった走査ポイントをアライメントマークの位置とする、というものである。

【 0 0 0 9 】 これを数式で記述すると、

【 0 0 1 0 】

【 数 1 】

【 0 0 1 2 】

【 数 2 】

30 り検出信号が変化した場合に高信頼度な位置合わせができなくなるという問題がある。

【 0 0 1 7 】 また、前記した演算式（1）、（2）によれば、演算エリアはテンプレート画像全体、およびこのテンプレート画像に対応した走査エリアであるので、演算量が多くなってマーク検出に時間がかかることになる。演算量の多い $\sum FG$ 、 $\sum G$ 、 $\sum G^2$ 等を専用ツールにより高速計算し、その他をソフトウェアを組んで計算することも考えられるが、圧倒的な時間の短縮化は期待できない。

40 【 0 0 1 8 】 そこで、本発明の目的は、アライメントマークなどのパターンを、光の干渉等の影響を受けることなく高信頼度で検出することのできる技術を提供することにある。

【 0 0 1 9 】 本発明の他の目的は、アライメントマークなどのパターンを、高速で検出することのできる技術を提供することにある。

【 0 0 2 0 】 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

50 【 0 0 2 1 】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0022】すなわち、本発明によるパターン検出方法は、所定のパターンを特定し得る複数の領域を規定し、パターンを含む検出画像を得て、複数の領域の位置関係を保持しつつ検出画像を走査して何れか1の領域に対する他の各領域の画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、相関係数の総和が最大となる走査ポイントをパターンの位置とすることを特徴とするものである。また、周期性を有するパターンの周期を求め、このパターンを含む検出画像を得て、検出画像を走査してパターンの周期間隔における画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、相関係数が最大となる走査ポイントをパターンの位置とすることを特徴とするものである。

【0023】また、本発明によるアライメントマークの検出方法は、フォトマスクの回路パターンをプレート状ワークに転写するに先立ってアライメントマークに基づいて両者の位置合わせを行う際におけるもので、アライメントマークを特定し得る複数の領域を規定し、アライメントマークを含む検出画像を得て、複数の領域の位置関係を保持しつつ検出画像を走査して何れか1の領域に対する他の各領域の画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、相関係数の総和が最大となる走査ポイントをアライメントマークの位置とすることを特徴とするものである。また、周期性を有するアライメントマークの周期を求め、このアライメントマークを含む検出画像を得て、検出画像を走査してアライメントマークの周期間隔における画像信号の相関係数を走査ポイント毎に求め、相関係数が最大となる走査ポイントをアライメントマークの位置とすることを特徴とするものである。

【0024】このアライメントマーク検出方法において、アライメントマークは、このアライメントマークとともに形成された回路パターンに含まれない形状とされていることが望ましい。また、相関係数は正規化されていない値で用いることが可能である。プレート状ワークは集積回路を形成する半導体ウェハまたは液晶ディスプレイのガラスプレートとすることができる。

【0025】このようなアライメントマーク検出方法を用いてアライメントマークの粗検出を行い、次に、対称性パターンマッチング法を用いてアライメントマークの精検出を行うようにしてもよい。

【0026】そして、本発明による光学装置は、前記したアライメントマーク検出方法が用いられているものである。

【0027】上記した手段によれば、光の干渉等によりパターンのコントラストが変化しても、その変化条件は同じなので、それぞれの領域相互間では常に同じコントラストになる。したがって、各領域の画像信号は相互に同様に変化することになるので相関係数はその影響を受

けることがなく、パターンを高信頼度で検出することが可能になる。

【0028】また、規定された領域について走査を行うことでパターンの位置を検出することが可能になるので、パターン全体の広さで検出画像を走査する場合と比較して走査中における演算量を大幅に低減することができ、パターンを高速で検出することが可能になる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一の符号が付されており、その繰り返しの説明は省略されている。

【0030】（実施の形態1）図1は本発明の一実施の形態であるアライメントマークの検出技術が適用された露光装置を示す概略図である。

【0031】図1に示す露光装置は半導体ウェハ（プレート状ワーク）1の主平面に所定の回路パターンを形成するものであり、レチクル（フォトマスク）2に形成された回路パターンを半導体ウェハ1に転写する投影光学系10、半導体ウェハ1の外周に設けられたオリフラを合わせて結晶方位を整列させる方位検出光学系11、半導体ウェハ1に形成されたアライメントマーク（パターン）の検出を行うマーク検出光学系12とから構成されている。

【0032】投影光学系10は、露光光を集光して均等照明を実現するコンデンサレンズ4と、このコンデンサレンズ4で瞳内に結像されたレチクル2の回路パターンを半導体ウェハ1の上に投影する投影レンズ5とで構成されており、これらは露光光源からXYステージ3に支持された半導体ウェハ1に至る光路上に順次配列されている。

【0033】また、方位検出光学系11は、検出ステージ6に搭載された半導体ウェハ1をその中心回りに回転させるモータ7と、半導体ウェハ1の外周を照射する方位検出用照明8およびこの方位検出用照明8からの照射光を受光する方位検出部9とで構成されている。そして、回転している半導体ウェハ1に形成されたオリフラが所定位置に位置した場合の照射光を方位検出部9が受光することによって、半導体ウェハ1の方位が合わされるようになっている。

【0034】図示するように、アライメントマークを検出するマーク検出光学系12は、検出用照明13の照射光を屈折して半導体ウェハ1へ導くとともに反射光を直進させるハーフミラー14、照射光を半導体ウェハ1へ投影する投影レンズ15を有しており、さらに、半導体ウェハ1からの反射光が入射する撮像カメラ16が設けられている。これによって半導体ウェハ1に形成されたアライメントマークを含む画像が検出画像として撮像カメラ16に得られる。

【 0 0 3 5 】 ここで、半導体ウェハ 1 に形成されたアライメントマーク 1 7 を図 2 に、図 1 に示すマーク検出光学系 1 2 により得られた検出画像を図 3 にそれぞれ示す。

【 0 0 3 6 】 図示するように、検出画像にはアライメントマーク 1 7 が取り込まれており、マーク検出は図 3 の検出画像のどの位置に図 2 に示すアライメントマーク 1 7 が位置しているかを検出するものである。なお、アライメントマーク 1 7 はたとえばスクライブエリアに形成されてお

り、図示する場合にはその上下に半導体チップの一部となる回路パターン 1 8 が現れている。

【 0 0 3 7 】 位置検出されている検出画像上のアライメントマーク 1 7 を図 4 に示す。

【 0 0 3 8 】 図 4 によれば、正方形とこれに囲まれた十字からなるアライメントマーク 1 7 に重なるようにして、所定の距離関係を有するたとえば 7 箇所の領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>7</sub> が規定されている。これらの領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>7</sub> は検出対称のアライメントマーク 1 7 の形状に対応して設定されて予め露光装置のメモリに格納されているもので、アライメントマーク 1 7 に対してのみ全てが重なり合

い、回路パターンなどアライメントマーク以外の箇所では一部しか重なり合わない位置関係が成立するように設定されている。したがって、検出画像を走査して全領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>7</sub> のコントラストが相互に同一となる走査ポイントになれば、そこがアライメントマーク 1 7 の位置となる。

【 0 0 3 9 】 ここで、アライメントマーク 1 7 を特定し得るように領域を規定するには、アライメントマーク 1 7 の形状がこのアライメントマーク 1 7 とともに形成された回路パターンつまり周辺パターンに含まれないよう

な形状になっていることが望ましい。これを具体的に説明すると、たとえば図 5 ( a ) に示すアライメントマーク 1 7 に規定された領域 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、領域 A<sub>4</sub>、領域 A<sub>5</sub>、A<sub>6</sub>、A<sub>7</sub> 相互間の間隔 L と図 5 ( b ) に示す回路パターン 1 8 のピッチ P との間に、L ≠ n P ( n は自然数 ) の関係が成立するような設計としたり、アライメントマーク 1 7 を非対称とすることが考えられる。

このようにすれば、図 5 ( b ) に示すように、回路パターン 1 8 では一部の領域 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> をパターン上に合わせると、必ず他の領域 A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>、A<sub>6</sub>、A<sub>7</sub> がパターン上から外れることになるので、アライメントマーク 1 7 以外の箇所において全領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>7</sub> のコントラストが同一となる事態は発生し得なくなるからである。

$$\text{マッチング度 } (M_{0-1}) = \frac{1}{n} \sum \left( \frac{G_0 - \bar{G}_0}{\sigma_{G_0}} \right) \left( \frac{G_1 - \bar{G}_1}{\sigma_{G_1}} \right) \quad \text{----- (3)}$$

但し、 $\bar{G}_0 = G_0$  の平均値

$\sigma_{G_0} = G_0$  の標準偏差

$\bar{G}_1 = G_1$  の平均値

$\sigma_{G_1} = G_1$  の標準偏差

n = 領域を構成する画素数

【 0 0 4 5 】 で表される。同様にして、画像信号 G<sub>0</sub> に 50 対する G<sub>1</sub>、～ G<sub>7</sub> のマッチング度 ( M<sub>0-1</sub> ) ～

【 0 0 4 0 】 図 4 の VII - VII 線に沿う断面図を図 7 ( a ) に、その画像信号の信号波形を図 7 ( b ) に示す。

【 0 0 4 1 】 図 7 では相互に間隔 L だけ離反した 3 箇所の領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>3</sub> について抽出されており、図 7 ( a ) に示すように、これらの領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>3</sub> はアライメントマーク 1 7 ( 図 4 ) を構成する段差の低くなった部分に対応している。そして、図 7 ( b ) に示すように、画像信号はこの箇所において変化している。そこで、領域 A<sub>1</sub> に対応する箇所の画像信号を G<sub>1</sub>、ここにおける x 軸 ( 横方向 ) の座標値を i、y 軸 ( 縦方向 ) の座標値を j とすると、G<sub>1</sub> = G ( i, j ) で表されるので、領域 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> にそれぞれ対応する画像信号 G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> は、信号間距離を L とすると、G<sub>1</sub> = G ( i + L, j )、G<sub>2</sub> = G ( i - L, j ) で表すことができる。そして、このようにして、他の領域 A<sub>3</sub>、～ A<sub>7</sub> に対応する画像信号 G<sub>3</sub>、～ G<sub>7</sub> も G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> との関係で規定する。

【 0 0 4 2 】 ここで、検出画像を構成する各画素のコントラストをたとえば 0 ～ 2 5 5 の 2 5 6 階調 ( “ 0 ” が最も暗く、数字が大きくなるにしたがって明るくなり、“ 2 5 5 ” が最も明るいものとする ) でとらえ、相当階調の数字を各画素に割り当てる。そして、規定された領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>7</sub> の位置関係を保持しつつ検出画像を走査して領域 A<sub>1</sub> に対する領域 A<sub>1</sub>、～ A<sub>7</sub> の画像信号の相関係数つまりマッチング度を求めて行く。

【 0 0 4 3 】 領域 A<sub>1</sub> と A<sub>2</sub> に対応した画像信号 G<sub>1</sub> と G<sub>2</sub> とのマッチング度 ( M<sub>0-1</sub> ) は、

【 0 0 4 4 】

【 数 3 】

( $M_{i,j}$ ) を演算式で表す。なお、(3) 式にて例示されるマッチング度の式は、演算しやすいように変形することができる。

【0046】回路パターンの走査ポイントが、領域  $A_i$  と  $A_j$  とがパターン上に位置し、他の領域  $A_k \sim A_n$  はパターンから外れたものであったとする（前述のように、領域  $A_k \sim A_n$  はアライメントマーク 17 に対してのみ全てが重なり合うようになっているので、それ以外の箇所ではこのように一部しか重なり合わない）。このとき、領域  $A_i$  と  $A_j$  とは同一のコントラストになるのでそのマッチング度 ( $M_{i,j}$ ) は最大値になる。一方、領域  $A_i$  と領域  $A_k \sim A_n$  とは相互に異なるコントラストになるので、マッチング度 ( $M_{i,j} \sim (M_{i,k} \sim (M_{i,j})$  は最大値とはならない。したがって、マッチング度の総和 ( $M = M_{i,j} + M_{i,k} + \dots + M_{i,n}$ ) は必然的に最大値とはならない。

【0047】すなわち、一部の領域  $A_i, A_j$  のみが同一コントラストの場合には、検出信号  $G_i \sim G_j$  のマッチング度の総和 ( $M$ ) が最大値を採ることはない。なお、領域  $A_i$  に対する領域  $A_k \sim A_n$  が相互に異なるコントラストの場合には、何れのマッチング度 ( $M_{i,j} \sim (M_{i,k} \sim (M_{i,j})$  も最大値とにならないので、やはりマッチング度の総和 ( $M$ ) が最大値を採ることはない。

【0048】そして、規定された 7 箇所の領域  $A_i \sim A_n$  の全てがアライメントマーク 17 と重なり合った走査ポイントに到達したとき、全領域  $A_i \sim A_n$  が同一コントラストになるのであるから、各マッチング度

( $M_{i,j} \sim (M_{i,k} \sim (M_{i,j})$  は何れも最大の値をとる。よって、マッチング度の総和 ( $M$ ) は最大となる。したがって、検出画像を走査して領域  $A_i$  に対する領域  $A_k \sim A_n$  のマッチング度を走査ポイント毎に求めて行き、そのマッチング度の総和 ( $M$ ) が最大となる走査ポイントが得られれば、そこがアライメントマーク 17 の位置と特定される。

【0049】このように、本実施の形態に示す検出方法によれば、検出画像に対し、規定された領域  $A_i \sim A_n$  について走査を行うことによりアライメントマーク 17 の位置を検出することが可能になる。これにより、アライメントマーク 17 全体の広さで検出画像を走査する場合と比較して走査中における演算量を圧倒的に低減することができ、極めて短時間のうちに（本発明者の行ったところによれば、従来の正規化テンプレートマッチング法で要した時間の 1/5 以下という短時間で）アライメントマーク 17 を高速検出することができる。なお、演算処理に専用画像処理回路や専用 LSI を用いると高速化が可能であるが、汎用のコンピュータを用いてもよい。

【0050】以上では、x 軸（横）方向についてのみの例が説明されているが、同様にして y 軸（縦）方向のマッチング度を求め、最終的に x 軸および y 軸方向のマッチング度の総和 ( $M$ ) が最大値を採る走査ポイントがア

ライメントマーク 17 の位置になる。

【0051】なお、(3) 式では標準偏差を用いて正規化しているが、正規化しない、つまり  $\sigma G_i, \sigma G_j$  で割らない通常の相関係数をマッチング度とすることも可能である。これは、画像信号  $G_i$  に対する画像信号  $G_j \sim G_n$  のマッチング度 ( $M_{i,j} \sim (M_{i,k} \sim (M_{i,j})$  を求める演算式、および実施の形態 2 に示す (4) 式においても同様である。

【0052】正規化されていないマッチング度を用いることのメリットは次の点にある。つまり、パターンの存在しない場所を走査した場合には、領域  $A_i \sim A_n$  のコントラストは同一となってマッチング度の総和 ( $M$ ) は最大になってしまう。すなわち、アライメントマーク 17 の存在しない箇所を存在する箇所と誤検出してしまふ。しかし、正規化しなければパターンのない箇所では各マッチング度 ( $M_{i,j} \sim (M_{i,k} \sim (M_{i,j})$  は何れも“0”に近づくので、総和 ( $M$ ) が最大値を採ることがなくなり、誤検出を防止することが可能になるからである。なお、本発明者によれば、このように正規化しないマッチング度を用いることによりアライメントマーク 17 の誤認識率を従来の 1/5 以下にすることができた。

【0053】ここで、反射した状態でのアライメントマーク 17 の位置検出について説明する。前述のように、アライメントマーク 17 は段差により形成され、その上には多層膜、レジストが位置しているので、照射光がこれら透明性を有する膜で多重反射する。アライメントマーク 17 が多重反射した場合の検出画像を図 8 に示す。図示するように、検出画像中のアライメントマーク 17 のコントラストは本来の正規のアライメントマーク 17 (図 2) のコントラストとは反転した関係になっている。アライメントマーク 17 のコントラストがこうになれば、得られる画像信号は本来の信号波形から大きく変化してしまう。

【0054】しかし、多重反射によりアライメントマーク 17 のコントラストが変化しても、その変化条件自体は同じなので、規定された領域  $A_i \sim A_n$  相互間では常に同じコントラストを有することになる。したがって、本実施の形態で得られる各領域  $A_i \sim A_n$  の画像信号  $G_i \sim G_n$  は相互に同様に変化することになるのでマッチング度 ( $M$ ) つまり相関係数は光の干渉等の影響を受けることがない。これにより、確実にアライメントマーク 17 を検出することが可能になる。

【0055】（実施の形態 2）図 9 は本発明の他の実施の形態により形成されたアライメントマークを示す説明図、図 10 (a) は図 9 の X-X 線に沿う断面図、図 10 (b) はその画像信号の信号波形を示すグラフである。

【0056】図 9 に示すように、本実施の形態のアライメントマーク（パターン）17 は一定の周期 P のもとに繰り返して形成された周期性を有するものが横 3 列にわた



11

って形成されたものである。したがって、アライメントマーク 17 a の断面図である図 10 (a) に表されているように、パターンを形成する半導体ウェハの段差は周期 P に沿って構成されている。そして、図 10 (b) に示すように、画像信号の波形も周期 P の周期性波形となっている。

【0057】このように、周期性を有する場合、アライメントマーク 17 a について画像信号 (G) の x 軸 (横方向) の座標値を i、y 軸 (縦方向) の座標値を j とすると、x 軸方向について周期性を有しているから、G

$$\text{マッチング度}(M_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{10} \left( \frac{G(i) - \bar{G}}{\sigma G} \right) \left( \frac{G(i+P) - \bar{G}}{\sigma G} \right) \dots\dots\dots (4)$$

但し、 $\bar{G}$ =Gの周期範囲平均値  
 $\sigma G$ =Gの周期範囲標準偏差  
 n=周期範囲の画素数

【0060】で表すことができ、周期性パターンが存在する位置でマッチング度 ( $M_j$ ) は最大となる。また、周期性パターンが無い位置でマッチング度 ( $M_j$ ) は最小となる。

【0061】このようにして図 9 の上段、中段、下段にそれぞれ示す各アライメントマーク 17 b、17 a、17 c についてマッチング度 (M) を求めた結果を図 11 に示す。

【0062】図示するように、アライメントマーク 17 が存在する位置においてマッチング度 (M) は大、無い位置において小となって極めて S/N 比の良好な信号に変換される。さらに、各アライメントマーク 17 の間隔の違い (アライメントマーク 17 b と 17 a との間隔より、アライメントマーク 17 a と 17 c との間隔の方が 30 広がっている) が波形に反映されているので、閾値法等を用いることにより容易に何れのアライメントマーク 17 a ~ 17 c かを特定することができる。なお、周期性を有するアライメントマーク 17 が一列のみで形成されている場合には、このように何れの列のものを求める必要がないのは勿論であるが、周期性を有する複数列のアライメントマーク 17 a、17 b、... の周期が相互に異なっている場合にも、周期による特定が可能になるので前記したマーク列の特定作業は不要になる。

【0063】このように、アライメントマーク 17 が周 40 期性を有している本実施の形態の場合には、検出画像を

$$F(x) = \sum_{j=0}^w \{f(x+j) - f(x-j)\}^2 \dots\dots\dots (5)$$

【0068】で与えられた評価関数 F (x) の最小値をとるものである。

【0069】この場合、各領域の幅は広めに設定することが望ましい。このようにすれば、アライメントマーク 17 が領域内に入ってマッチング度が大きくなる状態が広い範囲に亘って得られるために高速走査が可能になる

12

(i) = G (i + P)、の関係式が成立する。そして、検出画像を走査して周期 P の間隔での画像信号の相関係数つまりマッチング度を走査ポイント毎に求めて行けば、最大となる箇所がアライメントマーク 17 a の箇所となる。

【0058】つまり、任意の j についての y 軸方向のマッチング度 ( $M_j$ ) は、

【0059】

【数 4】

走査してその周期間隔における画像信号のマッチング度が最大となる箇所を検出すれば、そこがアライメントマーク 17 の位置と特定することができる。

20 【0064】以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

【0065】たとえば、粗検出用および精検出用に異なるアライメントマーク 17 を設け、先ず高速で粗検出を行い、次に精検出で最終的な検出を行うことが考えられるが、その際、たとえば実施の形態 1 に示す形状のアライメントマーク 17 で粗検出を、実施の形態 2 に示す形状のアライメントマーク 17 で精検出を、何れも本検出 30 技術を適用して行うことができる。

【0066】また、本発明による検出技術を用いて粗検出を行い、対称性パターンマッチング法を用いて精検出を行ってもよい。ここで、対称性パターンマッチング法とは、仮想中心位置 x の左右の折り返し幅 w において、仮想中心位置 x から等距離 j にある左右の信号値の差の二乗値を積算したものであり、回路パターンを中心位置で信号が左右対称となり、

【0067】

40 【数 5】

からである。但し、これにより検出分解能は低くなるが、その後、前記した対称性パターンマッチング法により精検出が行われるので問題はない。

【0070】なお、本実施の形態では、半導体ウェハ上に形成されたアライメントマーク 17 を検出する場合が 50 説明されているが、レチクルに形成されたアライメント

マークもこれによって検出することができる。

【 0 0 7 1 】以上の説明では、主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野である露光装置に適用した場合について説明したが、それに限定されるものではなく、たとえば液晶表示パネルの製造のように微細な回路パターンを形成する光学装置におけるアライメントマークの検出に適用することができる。したがって、この場合のプレート状ワークは液晶ディスプレイのガラスプレートになる。さらに、半導体の製造において半導体チップをリードフレームに搭載する際に用いられるダイボンダや両者を電気的に接続するワイヤボンダ、あるいは、各種検査装置や I D ( Identity ) 認識装置、文字読み取り装置など、光学系と画像信号処理機能を有する種々の装置におけるパターンの検出技術に適用することができる。

【 0 0 7 2 】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

【 0 0 7 3 】( 1 ). すなわち、本発明の検出技術によれば、規定された領域について走査を行うことでパターンの位置を検出することが可能になるので、パターン全体の広さで検出画像を走査する場合と比較して走査中における演算量を大幅に低減することができる。これにより、パターンを高速で検出することが可能になる。

【 0 0 7 4 】( 2 ). また、光の干渉等によりパターンのコントラストが変化しても、その変化条件は同じなので、それぞれの領域相互間では常に同じコントラストになる。したがって、各領域の画像信号は相互に同様に変化することになるので相関係数はその影響を受けることがない。これにより、パターンを高信頼度で検出することが可能になる。

【 0 0 7 5 】( 3 ). 前記した( 2 )により、本発明を半導体製造に用いられる露光装置に適用すれば、良好な品質を有する半導体装置を製造することができる。

【 0 0 7 6 】( 4 ). 検出対象のパターンが周辺パターンに含まれない形状になっていれば、パターンを特定するための領域設定が容易になる。

【 0 0 7 7 】( 5 ). 正規化されていない相関係数を用いてパターン検出を行えば、パターンの存在しない場所での相関係数が最大とはならず、パターンの誤検出を未然に防止することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態 1 によるアライメントマークの検出技術が適用された露光装置を示す概略図であ

る。

【図 2】半導体ウェハに形成されたアライメントマークを示す平面図である。

【図 3】図 1 に示すマーク検出光学系により得られた検出画像を示す平面図である。

【図 4】位置検出されている検出画像上のアライメントマークを示す平面図である。

【図 5】( a ) は考えられる形状のアライメントマークとそのアライメントマークに対応した領域を示す説明図、( b ) は領域と配線パターンとの関係を示す説明図である。

【図 6】考えられる他の形状のアライメントマークを示す説明図である。

【図 7】( a ) は図 4 の VII - VII 線に沿う断面図、( b ) はその画像信号の信号波形を示すグラフである。

【図 8】コントラストが変化したアライメントマークが取り込まれた検出画像を示す平面図である。

【図 9】本発明の実施の形態 2 によるアライメントマークを示す平面図である。

【図 10】( a ) は図 9 の X - X 線に沿う断面図、( b ) はその画像信号の信号波形を示すグラフである。

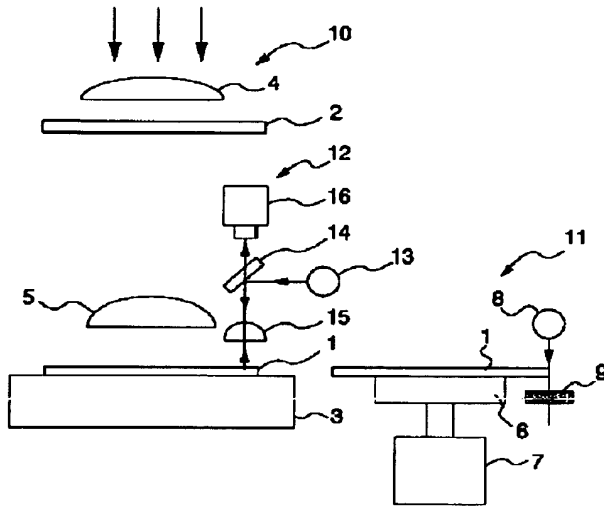
【図 11】図 9 のアライメントマークについてのマッチング度を示すグラフである。

【符号の説明】

- |                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| 1                               | 半導体ウェハ ( プレート状ワーク ) |
| 2                               | レチクル ( フォトマスク )     |
| 3                               | X Y ステージ            |
| 4                               | コンデンサレンズ            |
| 5                               | 投影レンズ               |
| 6                               | 検出ステージ              |
| 7                               | モータ                 |
| 8                               | 方位検出用照明             |
| 9                               | 方位検出部               |
| 10                              | 投影光学系               |
| 11                              | 方位検出光学系             |
| 12                              | マーク検出光学系            |
| 13                              | 検出用照明               |
| 14                              | ハーフミラー              |
| 15                              | 投影レンズ               |
| 16                              | 撮像カメラ               |
| 17, 17 a ~ 17 c                 | アライメントマーク ( パターン )  |
| 18                              | 回路パターン              |
| A <sub>1</sub> ~ A <sub>4</sub> | 領域                  |

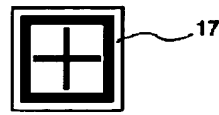
【 図 1 】

図 1



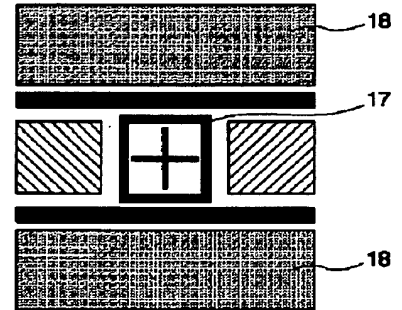
【图 2】

图 2



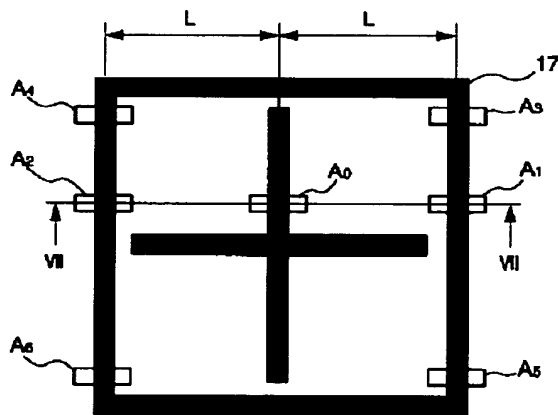
【 図 3 】

图 3



【 例 4 】

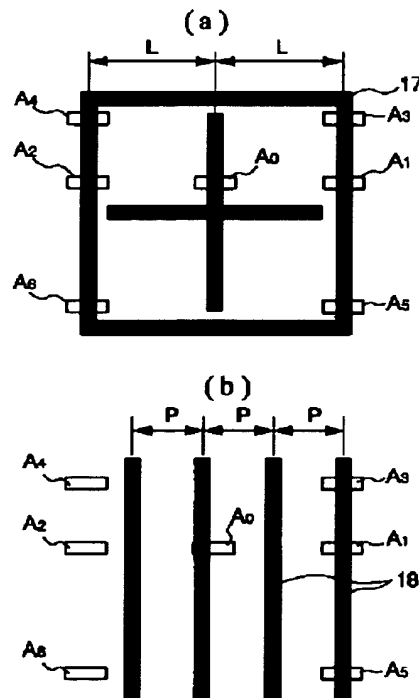
图 4



17:アライメントマーク  
A0~A5:領域

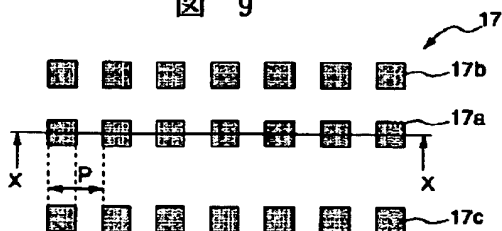
【 例 5 】

图 5

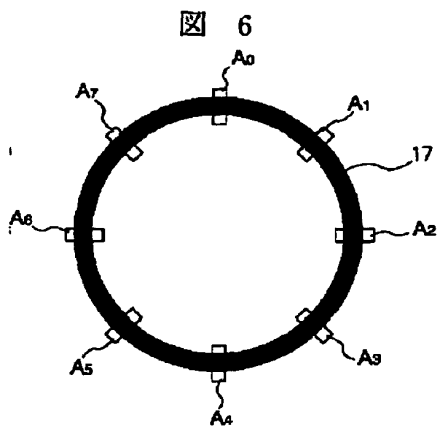


【 9 】

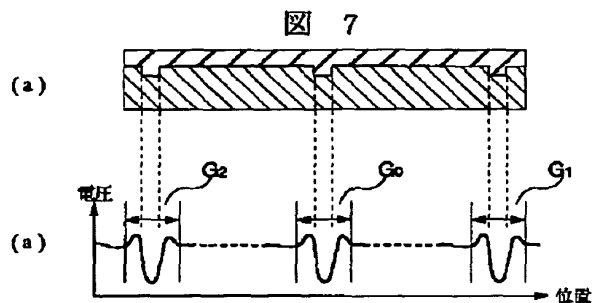
图 9



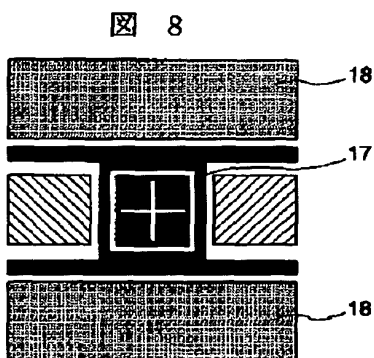
【図 6】



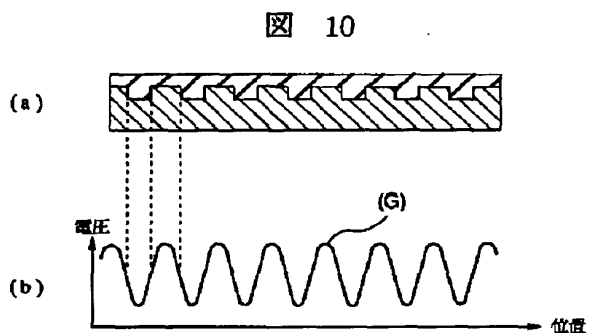
【図 7】



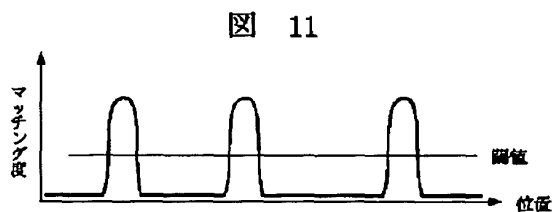
【図 8】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 岩田 尚史  
東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号  
株式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 須賀 治  
東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号  
株式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 国吉 伸治  
東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号  
株式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 入来 信行  
東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号  
株式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 加藤 毅

東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号

株式会社日立製作所半導体事業部内